

ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛІВКОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ОПТОЕЛЕКТРОННИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ МІКРОСХЕМ

доц. Одноворець Л.В., студ. Мокренко О.А.

Інтегральна оптика - сучасний напрямок розвитку оптоелектроніки, який охоплює проблеми дослідження, конструювання, виготовлення та використання оптоелектронних приладів, фізичний принцип дії яких оснований на явищі розповсюдження світла в тонких плівках, які працюють в оптичному діапазоні електромагнітних хвиль $\Delta\lambda = 0,1 - 10$ мкм.

Елементи інтегральної оптики одержали назву оптоелектронних інтегральних мікросхем (ОЕІМС). ОЕІМС розміщують на кристалічній підкладці - "чипі", на який наносять плівки. Плівки можуть служити як пасивними елементами (хвилеводи, які перетворюють об'ємну просторову хвилю в поверхневу і передають її подібно тому, як електричні дроти переносять струм), так і активними, які самостійно генерують світло, модулюють або детектують його. Хвилевід має вигляд сендвича: підкладка/плівка/покриття (рис.1). Така конструкція має хвилеводні властивості тоді, коли показник заломлення плівки n_p є більшим, ніж показники заломлення підкладки n_1 і покриття n_2 . Матеріали всіх трьох шарів повинні мати добрі оптичні характеристики, бути механічно міцними і стійкими до зовнішніх дій.

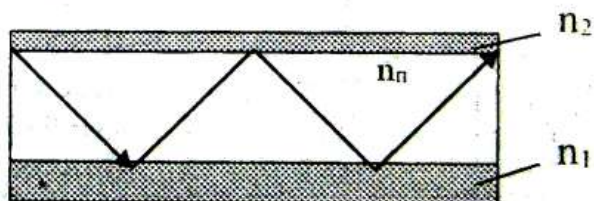


Рис.1. Схема хвилеводу

Основним матеріалом для підкладок ОЕІМС є арсенід галію (GaAs), для плівок хвилеводів - органічні матеріали, фоторезисти та скло. Дуже широко в

мікросхемах використовуються перемикачі на основі ніобату літію (LiNbO_3). Ніобат літію — унікальний кристал. Він має добрі електро- та акустооптичні властивості і характеристики. Електронні пристрої, створені на основі LiNbO_3 , використовуються для створення систем з обробки оптичної інформації..

Хвилеводи, які мають значну ширину називаються планарними. Світло в них поширюється в будь-якому напрямку. Лінійні хвилеводи виготовляють у вигляді смужок або каналів, вздовж яких розповсюджується світло. Існує декілька методів вводу світлового променя у тонкоплівковий хвилевод: фокусування променя за допомогою лінзи на край плівки; введення світлового променя за допомогою призми з показником заломлення більшим, ніж у плівки; введення світлового променя за допомогою ґратки, при якому на плівку хвилеводу накладають тонкий шар фоторезиста; введення світла через клиноподібний зріз плівки. Після того, як енергія світлової хвилі введена в хвилевід, її передають в наступний елемент. Існують декілька видів схем зв'язку хвилеводів: двох планарних через проміжний шар, двох хвилеводів за допомогою ґратки, планарних та лінійних, двох лінійних хвилеводів, хвилеводу та волокна. Для створення ОЕІМС необхідно виготовляти діелектричні хвилеводи з товщиною, близькою до $W_{\text{кр}} = \frac{\lambda}{4} \sqrt{2n_2 \Delta n}$ для одержання одномодового режиму, де $\Delta n = n_2 - n_1$.

Важливим кроком в розвитку інтегральної оптики з'явилося створення мініатюрних джерел і приймачів світла, модуляторів, перемикачів. Вони служать активною частиною ОЕІМС, здатних генерувати світло і управляти його параметрами. Всі ці елементи, не дивлячись на різні функції, можуть бути розміщені на одній підкладці з GaAs. Поки це єдиний матеріал, в якому реалізовані всі функції. На його основі створені мікромініатюрні лазери, які працюють у безперервному режимі при кімнатній

температурі і мають великий ресурс роботи. Швидкодія таких елементів $\tau = 10^{-10} - 10^{-11}$ с.

Сильний електрооптичний ефект у GaAs робить цей кристал прекрасним матеріалом для хвилеводних модуляторів. Змінюючи за допомогою модуляторів параметри світлової хвилі – фазу, амплітуду або частоту, в неї вводять певну інформацію. Перша група модуляторів – електрооптичні. Такий модулятор є хвилеводом, зверху на який накладено контакт для підключення управляючої напруги. Але хвилевод може стати модулятором лише при умові, що хоча б один із його шарів проявляє електрооптичний ефект. Також електрооптичні модулятори виготовляють на основі подвійних структур GaAs–GaAlAs. Хвилеводний шар в них з GaAs укладений між шарами GaAlAs, що мають більш низькі показники заломлення. Завдяки малій товщині хвилеводної плівки ($d = 0,1 - 20$ мкм), для управління модулятором потрібна питома потужність в $10 - 1000$ раз менша, ніж для об'ємних модуляторів. Уже зараз реалізовані хвилеводні модулятори з питомою енергією порядку $0,1$ мВт/МГц.

Як приймачі випромінювання в пристроях інтегральної оптики використовують фотодіоди. Це пояснюється не тільки їх високою фоточутливістю та швидкістю, але і з сумісністю фотодіодних структур з хвилеводними. У ближньому ІЧ діапазоні ($\Delta\lambda = 0,8 - 1,0$ мкм) зарекомендував себе кремнієвий фотодіод. Підкладкою в ньому є пластина Si, на яку наноситься скляний оптичний хвилевід. Хвилевід ізолюється від підкладки шаром SiO₂. В області звуження хвилеводу в Si на глибині 1 мкм від поверхні формують р-п-перехід, який працює як детектор. У середньому ІЧ діапазоні хвилі застосовують фотодіоди на основі CdHgTe та PbSnTe на підкладці з PbTe, PbSnSe на підкладці з BaF₂.

Інтегральна оптика тільки починає розвиватись. Зараз усі зусилля вчених-дослідників направлені на вирішення таких задач, як підбір нових функціональних матеріалів, розробку більш ефективних елементів, удосконалення технології їх виготовлення.